УДК 004.89:004.946

О.И. Федяев, Т.Е. Жабская
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина
fedyaev@r5.dgtu.donetsk.ua, tanya_zhabskaya@mail.ru

Проектирование виртуальной кафедры университета на основе многомодельного агентно-ориентированного подхода

Решена задача преобразования концептуальных моделей, полученных на стадии анализа по методологии Gaia, в физические модели при реализации многоагентной системы (МАС) в инструментальной среде JACK. На основе составленной семантики визуальных моделей среды JACK разработана методика трансформации абстрактных моделей Gaia в физические концепты среды JACK, обеспечивающая качественное прохождение всех этапов разработки МАС.

Введение

В настоящее время теория искусственных агентов открывает новые перспективные направления в информационных технологиях и искусственном интеллекте. Интеграция достижений в области программной инженерии и искусственном интеллекте привела к появлению новой агентно-ориентированной (АО) технологии программирования и возможности построения качественно новых программных моделей. Междисциплинарный характер этого научного направления позволяет успешно применять АО подход в таких областях, как распределенное решение сложных задач, реинжиниринг предприятий, моделирование распределенных систем, построение виртуальных организаций.

Процесс разработки МАС является иерархическим и должен связывать модели разных уровней проектирования. Однако из-за использования различных методологий и инструментариев, оперирующих различными концептами, при реализации этого процесса возникает ряд проблем, связанных с переходом от концептуальных к физическим моделям реализации МАС.

Задачей данного исследования является разработка методики преобразования абстрактных моделей методологии Gaia [1] в физические концепты инструментария JACK [2]. Инструментальная среда JACK использовалась авторами для создания виртуальной кафедры университета АО типа. Кафедра, как объект моделирования, является распределённой системой, субъекты которой выполняют определённую интеллектуальную деятельность (рис. 1).

Процесс обучения студентов на кафедре университета распределён во времени и пространстве. Для предоставления участникам образовательного процесса возможности автономного и дистанционного выполнения учебно-методических обязанностей поставлена цель создать такую виртуальную кафедру, в которой сохраняются все необходимые для учёбы отношения и устраняются жёсткие пространственно-временные ограничения в виде расписания занятий.

Для разработки МАС обучения на уровне кафедры был проведен АО анализ учебного процесса по методологии Gaia [3].

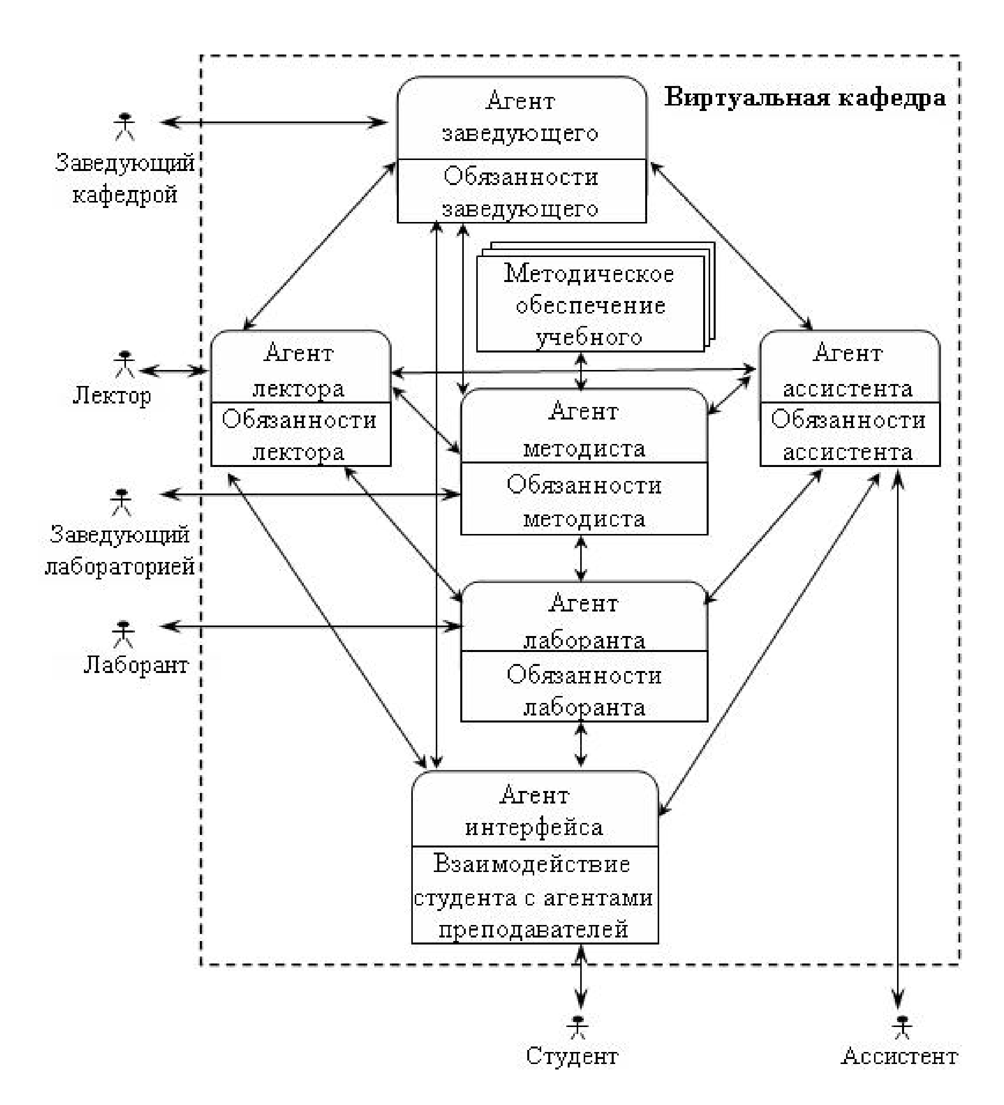


Рисунок 1 – Кафедра университета как распределенный объект моделирования

Семантика визуальных моделей среды JACK

Разработанные АО модели позволили получить абстрактное описание учебно-методической деятельности субъектов учебного процесса, выполнение которой далее необходимо делегировать их программным агентам [3].

Полученные модели агентов могут быть реализованы различными способами. Для моделирования ментальных свойств агентов, необходимых для решения задачи обучения, была выбрана BDI-архитектура, основанная на знаниях [4]. В качестве инструментария, реализующего эту архитектуру агентов, использовалась АО среда разработки JACK™ Intelligent Agents (JACK). Следует отметить, что эта среда является одной из наиболее подходящих и гибких технологий для реализации понятия «интеллектуальный агент» благодаря наличию механизма рассуждений для воспроизведения программными агентами делегированной им интеллектуальной деятельности [5]. JACK является надстройкой Java в виде расширения синтаксиса Java конструкциями для программной реализации свойств интеллектуального агента.

Агент, имеющий BDI-архитектуру, описывается тремя компонентами

$$A = (B, D, I),$$

где B – это убеждения агента, которые являются информацией агента о собственном состоянии и состоянии его окружения (рассматриваются как его информационная компонента);

D – это желания агента в виде информации о его целях (рассматриваются как его мотивационная компонента);

I – это намерения агента, которые представляют возможные направления его действий и являются его рассудительной компонентой.

Для программной реализации убеждений, желаний и намерений агента в языке JACK предусмотрены следующие новые конструкции, расширяющие синтаксис языка Java на уровне классов:

– Agent, определяет интеллектуальных агентов;
– Event, определяет цели агента, в виде событий;
– Plan, описывает намерения агента в отношении достижения цели в виде планов и условий их применимости;
– Beliefset, описывает знания агента;
– Capability, структурирует убеждения, события и планы в кластеры для реализации определенной интеллектуальной способности агента для достижения цели.

Отношения между данными классами агентной системы устанавливаются с помощью деклараций языка JACK, выделяемых предшествующим символом #. Для описания логических рассуждений агента во время выполнения планов введены операторы методов рассуждений, выделяемые предшествующим символом @.

Чтобы воспользоваться инструментальной средой JACK, необходимо мыслить на уровне её понятий, характерных для BDI-архитектуры. Для правильного перехода от абстрактных моделей агентов к их представлению на уровне визуальных моделей среды JACK авторами были составлены спецификации семантики визуальных моделей данной среды.

Семантика визуальной модели агента, представленного формально в среде JACK в виде Agent = (N, Bel, PE, HE, SE, PS), раскрывается следующим образом: N – имя агента; Bel – убеждения агента; PE = {E1, E2, …, En} – множество имен событий, создаваемых собственными методами агента; HE = {{E1, E2, …, En}, HE1,…} – множество обрабатываемых событий, создаваемых самостоятельно и воспринимаемых извне; SE = {SE1, SE2, …, SEm} – множество имен событий, передаваемых агентом во внешнюю среду; PS = {P1, P2, …, Pk} – множество имен планов, определяющих поведение агента.

Более эффективно определять агента можно через его способности, тогда Agent = = (N, Bel, PE, Cap), где Cap = {C1, C2, …, Cn} – множество имен способностей, которыми обладает агент для достижения поставленных целей.

Семантика визуальной модели обрабатываемого события, формально представляемая в среде JACK в виде Event = (N, Pw, Pa, EvT), имеет следующее внутреннее содержание: N – имя воспринимаемого события; Pw – метод автоматического порождения новых убеждений при соответствии собственных убеждений агента некоторым условиям; Pa – метод явного восприятия агентом события внешнего мира и формирования новых убеждений, связанных с данным событием, в результате которого агент получает цель для достижения; EvT – определение стратегии достижения цели.

Визуальная модель плана для описания рассуждений агента формально в среде JACK представляется в виде Plan = (N, Ev, Sev, MP, MF, Rel, C, B), где N – имя плана; Ev – имя события, для обработки которого предназначен данный план; Sev – множество имен событий, отправляемых агентом во внешнюю среду при выполнении плана; MP, MF – завершающие действия, выполняемые соответственно при успешном / неуспешном

выполнении плана; Rel – метод проверки соответствия убеждений агента о событии условиям применимости данного плана; C – метод проверки собственных убеждений агента с условиями применимости данного плана, при условии истинности логического условия метода Rel; B – основной метод рассуждений агента, выполняемый в случае применимости плана.

Выделенные наиболее важные аспекты семантики визуальных моделей среды JACK гарантируют качественное их построение с помощью набора графических примитивов инструментария.

Методика отображения абстрактных моделей Gaia в концепты среды JACK

Процесс создания визуальных моделей агента и его ментальных составляющих является основополагающим, т.к. именно на этом этапе разработки агентной системы происходит переход на следующий, более низкий, уровень абстракции, поэтому на этом этапе остановимся подробнее. Например, как определить, какие события он будет создавать самостоятельно (элементы множества PE), какие воспринимать для обработки (элементы множества HE), а какие передавать в окружающую среду (элементы множества SE)? На стадии АО анализа и проектирования разрабатываются следующие модели: модель ролей для описания должностных обязанностей всех ролей в виде активностей, протоколов, полномочий, обязательств; модель взаимодействий для описания основных видов общения между ролями в виде протоколов; модель агентов для определения типов агентов; модель функционирования для определения действий агентов и модель связей для отображения возможных коммуникаций между агентами. Поэтому возникает задача перехода от перечисленных моделей к визуальным моделям среды JACK для представления агента в виде событий, планов, убеждений.

Для успешного решения данной задачи следует придерживаться следующей методики отображения. При создании модели агента в JACK все агентные типы для МАС берутся из модели агентов Gaia (рис. 2). Для каждого агентного типа с помощью базового графического примитива визуально создается агент со своим именем.

При создании в JACK модели агента определяются множества воспринимаемых и передаваемых событий HE, PE, SE. Определение событий является ключевым вопросом при создании агента, потому что его деятельность зависит от их возникновения (если события не происходят – агент бездействует). Если возникает событие, то у агента, во-первых, появляется желание (воспринимаемое как цель) обработать это событие и, во-вторых, появляются новые убеждения об этом событии, которые играют определяющую роль при выборе агентом намерений в отношении его ответных действий.

Все желания, которые может иметь агент, в агентном языке JACK определяются множеством воспринимаемых событий для обработки HE, в котором выделяется два непересекающихся подмножества событий: множество PE и множество событий, воспринимаемых из внешнего мира (элементы множества HE, не принадлежащие множеству PE). Исходя из того, что все проявления деятельности агента определены активностями и протоколами в модели ролей, то предшествующие им события (множество PE) естественно определяются в соответствии с ними (рис. 2). Например, для агента Студент это будут следующие события: «Получить допуск к работе», «Записаться на изучение дисциплины», «Выбрать вид занятия», «Запросить лекцию», «Слушать лекцию», «Запросить тестовое задание», «Выполнять тест» и др. Множество событий, воспринимаемых из внешней среды, определяется в соответствии с протоколами модели взаимодействий, в которых данный агент является отвечающим (рис. 2).

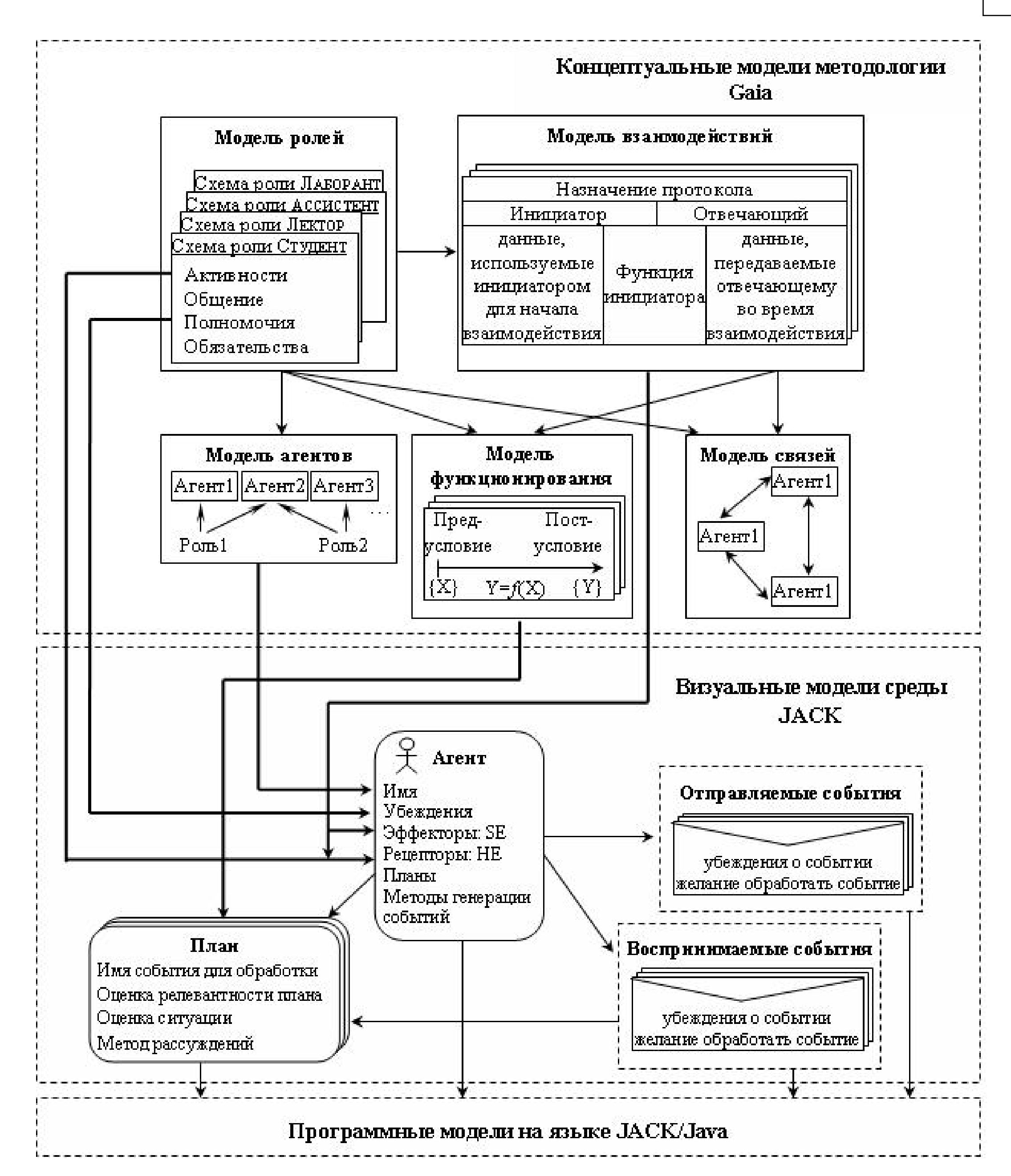


Рисунок 2 – Связь абстрактных моделей методологии Gaia
с агентными моделями языка JACK

Множество передаваемых во внешнюю среду событий SE определяется в соответствии с протоколами, в которых данный агент является инициатором взаимодействия. Таким образом определяются воспринимаемые и передаваемые события для агента или, другими словами, его рецепторы и эффекторы.

При определении метода создания своих внутренних событий (элементов множества PE) необходимо выполнить следующее:

– определить параметры для описания каждого события (для событий, инициирующих выполнение активностей, эти параметры определяются владельцем агента; для событий, инициирующих выполнение протоколов взаимодействий, это параметры, на основе которых агент начинает взаимодействие, и они извлекаются из соответствующего протокола);

– определить входные параметры события как убеждения агента (посредством метода Pa);

– разработать метод генерации воспринимаемого события агентом на основе его входных данных.

В результате выполнения вышеописанных действий разработаны модели воспринимаемых и отправляемых событий агента (рис. 2).

Намерения агента относительно его образа действий для достижения поставленной цели определяются множеством планов PS, в котором необходимо определить хотя бы по одному плану для каждого типа событий из множества HE. На визуальном уровне план создается с помощью графического примитива со своим именем. Далее план связывается с предшествующим ему событием (Ev) и с самим агентом. В результате этих действий у агента появляются намерения – замысел, «идеи» действовать определенным образом, чтобы достичь поставленную цель в каждой сложившейся ситуации.

Каждый план представляет собой заранее намеченную последовательность действий, которую агент может выполнить в соответствующей ситуации. Ситуация определяется путем сопоставления состояния убеждений о воспринятом событии и собственных убеждений агента в методах плана Rel и C соответственно.

При определении множества планов действий агента для обработки каждого воспринимаемого события в зависимости от сложившейся ситуации следует исходить из того, что весь функциональный аспект агента зафиксирован в модели функционирования уровня Gaia для данного агентного типа. В этой связи, при создании конкретных планов обработки различных ситуаций, возможных для события, следует использовать его функции, описанные в модели функционирования каждого агентного типа (рис. 2).

При составлении логических условий для методов Rel и C надо исходить из предусловий выполнения функций данной модели. Показателем успешности достижения агентом цели в результате применения плана, т.е. осуществления намерения, определяется в зависимости от выполнения постусловий соответствующей функции.

Если план связан с обработкой протокола взаимодействия, то в нём присутствует множество событий Sev, которое является подмножеством множества SE агента, определенном в модели событий агента.

Убеждения каждого агента разрабатываются по моделям ролей и функционирования (рис. 2).

Программные модели на языке JACK

Убеждения агента реализованы в виде Java объектов и конструкции BeliefSet языка JACK. С целью упрощения проекта и возможности повторного использования кода для реализации функциональных аспектов деятельности агентов использовались способности.

По разработанным в среде JACK визуальным моделям агентов сгенерирован скелет программного Java кода для агентов и их ментальных свойств. Программный код для планов агентов был доработан в части реализации основных методов рассуждений (B). Здесь были заложены функциональные знания, необходимые агенту для обработки событий.

Физические компоненты агентов представлены в виде классов с определенными отношениями между ними (рис. 3)

Созданные программные агенты образуют компьютерную обучающую среду, в которой реализуется квазиреальная учебно-методическая деятельность преподавателей и студентов. С помощью агента-визуализатора можно записывать и воспроизводить динамику взаимодействия агентов.

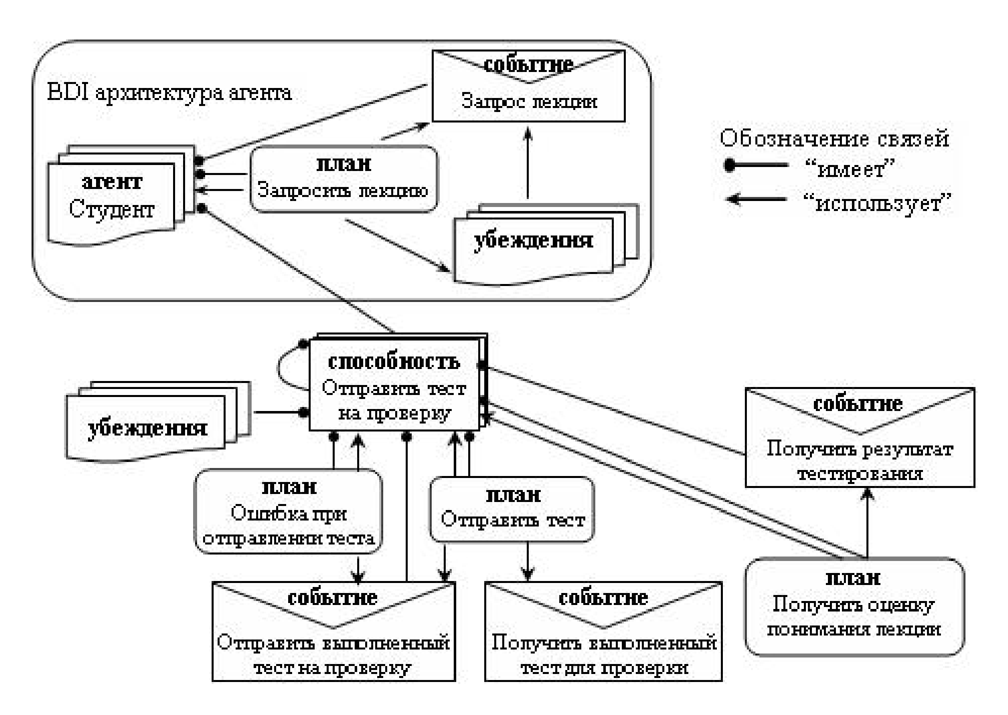


Рисунок 3 – Архитектура программного агента Студент в системе JACK

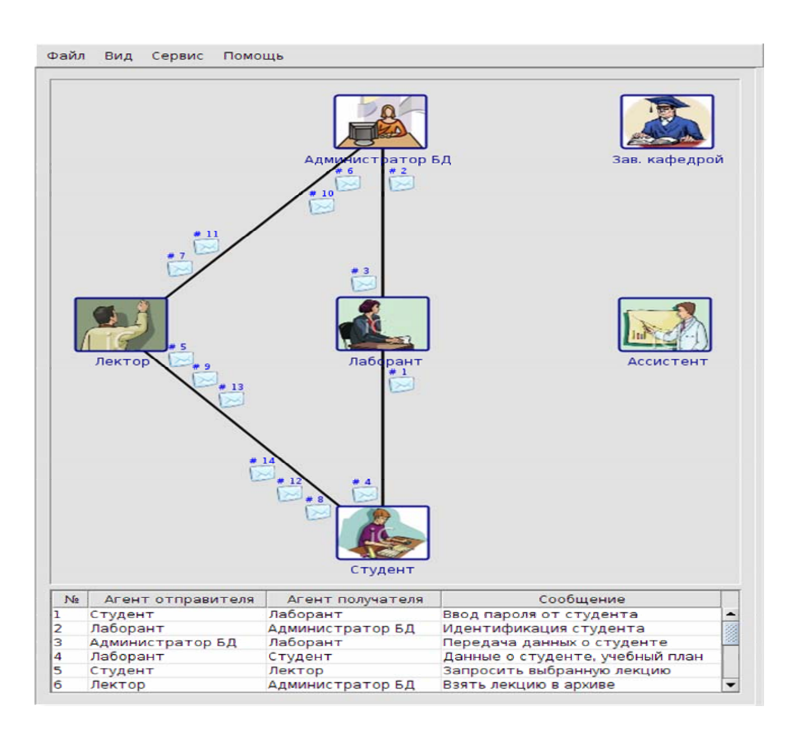


Рисунок 4 – Поток передаваемых сообщений между агентами виртуальной кафедры при изучении студентом лекции и тестировании знаний

На рис. 4 показана последовательность передаваемых сообщений при изучении студентом лекции и тестировании уровня усвоения им лекционного материала. Взаимодействие между виртуальными участниками учебного процесса по ментальности напоминает реально существующий диалог. В дальнейшем основное внимание будет уделено повышению уровня реализации ментальности, необходимой для качественного выполнения учебно-методических обязанностей программными агентами.

Выводы

Решена задача преобразования абстрактных моделей высокого уровня, полученных на стадии анализа по методологии Gaia, в модели более низкого уровня, упрощающих реализацию МАС с помощью инструментальной среды JACK. На основе составленной семантики визуальных моделей среды JACK разработана методика трансформации абстрактных моделей Gaia в физические концепты среды JACK, обеспечивающая качественное выполнение всех этапов разработки многоагентной системы. Рассмотренная методика применялась для создания виртуальной кафедры университета АО типа.

Литература

1. Zambonelli F. Developing Multiagent Systems: The Gaia Methodology / F. Zambonelli, N.R. Jennings, and M. Wooldridge // In ACM Transactions on Software Engineering Methodology. – 2003. – № 12(3).
2. JACK Intelligent Agents. – Mode of access : http://www.agent-software.com/products/jack/index.html
3. Федяев О.И. Многоагентная модель процесса обучения студентов на кафедральном уровне / О.И. Федяев, Т.Е. Жабская, Е.Г. Грач // Сб. науч. тр. ДонНТУ. Серия «Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем» (МАП-2006) Вып. 5 (116). – Донецк : ДонНТУ, 2006. – С.105-116.
4. David Kinny. A Methodology and Modelling Technique for Systems of BDI Agents / David Kinny, Michael Georgeff, Anand Rao // Proceedings of the Seventh European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent MAAMAW'96, (LNAI Volume 1038).
5. Жабская Т.Е. Анализ инструментальных средств построения агентно-ориентированных систем / Т.Е. Жабская, О.И. Федяев // Сб. научных трудов Донецкого национального технического университета. Серия «Информатика, кибернетика и вычислительная техника». Вып. 10 (153). – Донецк : ДонНТУ, 2009. – С. 54-62.

О.І.Федяєв, Т.Є. Жабська
Проектування віртуальної кафедри університету на основі багатомодельного агентно-орієнтованого підходу
У статті розглядається задача перетворення концептуальних моделей, отриманих на стадії аналізу за методологією Gaia, у фізичні моделі для реалізації багатоагентної системи (БАС) в інструментальному середовищі JACK. На основі складеної семантики візуальних моделей JACK розроблена методика трансформації абстрактних моделей Gaia у фізичні концепти середовища JACK, що забезпечує якісне проходження всіх етапів розробки БАС.

O. Fedyaev, T. Zhabskaya
University Virtual Department Design under Agent-oriented Multi-model Approach
In the submitted paper the transition from abstract models, carried out under agent-oriented analysis of the educational process domain according to Gaia methodology, to physical models to realise multi-agent system in JACK environment is considered. For solving of this problem the visual models semantics of JACK environment has been developed and on its base the transformation method of Gaia abstract models to JACK environment physical concepts has been developed.

Статья поступила в редакцию 09.07.2010.